

# Perubahan Aktivitas Antioksidan dan Profil Sensori Bekatul Fermentasi dari Varietas Sintanur dan Inpari 24

The Changes of Antioxidant Activity and Sensory Profile of Sintanur dan Inpari 24 Fermented Rice Bran

A. Ardiansyah<sup>1\*</sup>, Dhania Sabilla<sup>1</sup>, Wahyudi David<sup>1</sup>, Dody Dwi Handoko<sup>2</sup>, Slamet Budijanto<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Kawasan Epicentrum, Jl. H.R. Rasuna Said, Kav C.22, Jakarta 12920, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Jl. Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat 41256, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>4</sup>Pusat Studi Biofarmaka Tropika, Institut Pertanian Bogor, Jl. Taman Kencana No. 3 Bogor 16128, Indonesia

Penulis korespondensi: ardiansyah.michwan@bakrie.ac.id

Tanggal submisi: 11 Juni 2019; Tanggal penerimaan: 24 Januari 2020

## ABSTRAK

Bekatul atau *rice bran* adalah lapisan luar dari beras yang terlepas pada saat proses penyosohan dari beras pecah kulit menjadi beras. Salah satu kendala penerimaan konsumen pada bekatul adalah mutu sensorinya. Oleh sebab itu, salah satu upaya untuk meningkatkan mutu sensori bekatul dilakukan dengan fermentasi. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis kapang, varietas bekatul (padi), dan lama fermentasi terhadap perubahan kandungan total senyawa fenolik (TSF), aktivitas antioksidan, dan profil sensori bekatul fermentasi dari dua varietas padi (Sintanur dan Inpari 24). Fermentasi dengan metode *Solid-state fermentation* menggunakan perlakuan jenis kapang yaitu *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae* dan kombinasi keduanya, dengan lama waktu fermentasi masing-masing adalah 48, 72 dan 96 jam. Analisis kandungan TSF dengan metode *Folin-ciocalteu*, analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH, dan analisis profil sensori menggunakan metode *Projective mapping* (*Napping®*) dengan panelis tidak terlatih berjumlah 75 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan varietas padi, jenis kapang dan waktu fermentasi menghasilkan nilai TSF dan aktivitas antioksidan yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Bekatul Inpari 24 memiliki nilai TSF dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan bekatul Sintanur ( $p < 0,05$ ). Nilai TSF dan aktivitas antioksidan tertinggi pada bekatul Inpari 24 yang difermentasi dengan kapang *R. oligosporus* selama 48 jam dengan nilai masing-masing sebesar  $4,16 \pm 0,3$  mg GAE/g BK dan 86,11 %. Selanjutnya, hasil analisis korelasi menunjukkan korelasi positif antara kandungan TSF dan aktivitas antioksidan kedua varietas bekatul fermentasi ( $r = 0,82$ ). Analisis sensori menunjukkan bahwa panelis mampu membedakan atribut sensori pada sampel yang diujikan.

**Kata kunci:** Antioksidan; bekatul fermentasi; Inpari 24; Sintanur; total senyawa fenolik

## ABSTRACT

Rice bran (RB) is an outer layer of rice as a by-product of the rice milling process of brown rice into polished rice. One of the obstacles for consumer acceptance of rice bran is related to sensory quality. Therefore, one of the endeavors to improve the sensory quality of rice bran was with fermentation. The research aimed to study the effects of mold species, rice varieties (Sintanur and Inpari 24), and fermentation time on total phenolic content

DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.46509>  
ISSN 0216-0455 (Print), ISSN 2527-3825 (Online)

(TPC), antioxidant activity, and sensory profile of fermented RB. Solid state fermentation were conducted with *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae*, and its combination for 48, 72 and 96 h. The TPC was determined using the Folin-Ciocalteu method, the antioxidant activity was analyzed by measuring DPPH free radical scavenging activity, and the sensory profile was determined using Projective mapping (Napping®) with 75 naive panelists. The results showed that rice varieties, molds species, and fermentation times resulted in significantly different of TPC and antioxidant activity ( $p < 0.05$ ). The fermented RB of Inpari 24 had higher TPC and antioxidant activity than the Sintanur ( $p < 0.05$ ). The highest TPC and antioxidant activity ( $4.16 \pm 0.3$  mg GAE/g DB and 86.11 %, respectively) were found in the 48 h fermented RB of Inpari 24 with *R. oligosporus*. Furthermore, the correlation analysis revealed a positive correlation between TPC and antioxidant activity of both fermented RB ( $r = 0.82$ ). The sensory analysis showed that the panelists could differentiate sensory attributes between samples.

**Keywords:** Antioxidant; fermented rice bran; Inpari 24; Sintanur; total phenolic content

## PENDAHULUAN

Bekatul diperoleh dari proses penyosohan lapisan (*bran layer*) yang menyelaputi butir beras pecah kulit (gabah yang telah dihilangkan sekamnya). Pada proses penggilingan, umumnya padi disosoh hingga menjadi beras sosoh atau dikenal di masyarakat sebagai beras putih. Proses penyosohan diketahui dapat mengurangi kandungan bahan aktif dan komponen gizi pada beras (Oliveira dkk., 2012). Lapisan ini diketahui memiliki banyak kandungan gizi, minyak dan protein (Razak dkk., 2015). Pada proses penggilingan padi, dapat dihasilkan bekatul hingga mencapai 10% (Moure dkk., 2001).

Jumlah produksi bekatul yang tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan dengan proses pengolahan lebih lanjut, salah satunya dengan proses fermentasi. Seperti diketahui proses fermentasi merupakan proses biokimia dengan menggunakan mikroorganisme meliputi bakteri, khamir atau kapang. Selama proses fermentasi berlangsung terjadi peningkatan nilai gizi, sifat organoleptik, dan dapat memperpanjang masa simpan produk pangan. Proses fermentasi diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah yang terdapat pada bekatul, berupa peningkatan komponen bioaktif dan perbaikan mutu sensorinya. Salah satu metode fermentasi adalah menggunakan substrat padat (*solid state fermentation*), di mana suatu metode fermentasi yang efektif pada bekatul untuk meningkatkan kandungan bahan aktif pada bahan pangan (Schmidt dkk., 2014). Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bekatul dari varietas Inpari 6, Inpari 30, dan Inpara 1 dengan kultur *Rhizopus oligosporus* menunjukkan bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan total senyawa fenolik (TSF) dan aktivitas antioksidan masing-masing sebesar 6,9-27,0 % dan 8,6-19,2 % (Ardiansyah dkk., 2019). Beras Inpari 6, Inpari 30 dan Inpara 1 termasuk beras putih biasa yang tidak wangi

(bukan padi aromatik) (Wahab dkk., 2018). Hasil studi Olivera dkk. (2011) menyebutkan bahwa penggunaan kapang *R. oryzae* sebagai starter dapat meningkatkan TSF, aktivitas antioksidan, dan dapat menghambat terjadinya oksidasi lipid pada bekatul fermentasi. Sampai saat ini, bekatul fermentasi yang didapatkan belum diaplikasikan, sehingga masih diperlukan penelitian lanjutan terkait dengan aplikasi pada produk pangan, terutama memanfaatkan bekatul fermentasi sebagai ingredien pangan.

Beras Sintanur merupakan salah satu varietas unggul padi aromatik di Indonesia. Beras Sintanur dihasilkan dari persilangan antara varietas Lusi dan Bengawan Solo. Padi Sintanur beraroma wangi sejak dipertanaman dan nasinya bertekstur pulen (Suprihatno dkk., 2010). Beras aromatik memiliki aroma khas karena kandungan volatil yang terkandung di dalamnya (Tarigan dan Kusbiantoro, 2011). Senyawa 2-asetil-1-pirolina adalah senyawa yang berperan dalam memberikan aroma pandan pada beras (Wijaya dkk., 2008; Wei dkk., 2017).

Beras berpigmen yang banyak dikenal masyarakat diantaranya beras hitam dan beras merah. Beras merah selain dijadikan sebagai makanan pokok juga dipromosikan sebagai pangan fungsional karena tingginya sumber antioksidan (Yawadio dkk., 2007). Pada tahun 2012 Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian melalui Balai Besar Penelitian Tanaman Padi telah melepas varietas unggul baru beras merah dengan tekstur nasi pulen dengan nama Inpari 24 (Wahab dkk., 2018).

Berdasarkan uraian di atas, maka dirasa perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh jenis kapang, varietas bekatul (padi), dan lama fermentasi terhadap perubahan kandungan TSF, aktivitas antioksidan, dan profil sensori bekatul fermentasi. Dari penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan bekatul fermentasi yang memiliki sifat fungsional yang lebih baik sehingga dapat

direkomendasikan sebagai ingredien untuk produk pangan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Dua varietas (Sintanur dan Inpari 24) dalam bentuk beras pecah kulit (BPK) diperoleh dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Subang. Kultur murni (*Rhizopus oligosporus* InaCC F74 dan *R. oryzae* InaCC F6) diperoleh dari Indonesian Culture Collection (InaCC), LIPI, Cibinong, Bogor. Bahan yang digunakan untuk analisis terdiri dari pelarut metanol (Merck, Jerman), pereaksi *Folin-Ciocalteu* (Merck, Jerman),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Merck, Jerman), pereaksi 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich, Amerika Serikat), dan standar asam galat (Sigma-Aldrich, Amerika Serikat). Peralatan yang digunakan adalah alat penyosoh *rice grain mill* (Satake, Jepang), ayakan 20 mesh, autoklaf, inkubator, *haemocytometer*, mikroskop, *freeze dryer* (Labconco, Amerika Serikat), oven (Mettler, Denmark), desikator, orbital shaker (Zhengji, China), Sonikator Branson 8510 (Danbury, Amerika Serikat) sentrifugator (Boeco, Jerman), dan *Epoch microplate spectrophotometer* (Vermont, Amerika Serikat).

### Persiapan Sampel

Sebanyak 100 g BPK disosoh dengan alat penyosoh *rice grain mill* (Satake, Jepang) selama satu menit. Bekatul yang diperoleh dari proses penyosohan disaring dengan ayakan 20 mesh untuk memisahkan sekam dan menir yang masih terbawa selama proses penyosohan. Bekatul yang diperoleh dari hasil pengayakan siap untuk difermentasi.

### Fermentasi Bekatul

Sebelum bekatul difermentasi, pertama-tama dilakukan persiapan inokulum kapang. Kultur murni *R. oligosporus* dan *R. oryzae* dikembangbiakkan dalam media agar miring PDA selama 7 hari pada suhu 30 °C. Setelah spora tumbuh, ditambahkan 10 mL aquades steril untuk mengikis spora. Suspensi berisi isolat kapang dihomogenisasi dengan *vortex* dan dihitung spora kapang dengan *haemocytometer* melalui mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Jumlah minimal spora yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah  $10^6$  spora/mL.

Metode yang digunakan dalam fermentasi bekatul adalah *solid-state fermentation* yang mengacu pada Ardiansyah dkk. (2019). Sampel bekatul ditimbang sebanyak 15 g per cawan, lalu ditambahkan air destilasi sebanyak 20% (v/b) ke masing-masing sampel.

Kemudian, sampel diaduk dan disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah sampel dingin (25 °C) dilanjutkan dengan inokulasi suspensi kapang *R. oligosporus*, *R. oryzae*, dan kombinasi kedua kapang (1:1) sebanyak 15% (v/b) ke masing-masing sampel. Sampel diinkubasi pada suhu 30 °C, selama 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Sampel bekatul non-fermentasi (kontrol) diperlakukan sama tanpa inokulasi suspensi kapang. Selanjutnya sampel dikeringbekukan *freeze drying* selama 48 jam. Sampel yang telah dikeringkan lalu dimasukkan ke dalam kemasan aluminium foil, lalu disimpan pada suhu -18 °C untuk digunakan pada analisis berikutnya.

### Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan metode oven (AOAC, 2005). Jumlah sampel ditimbang sebanyak 3 g kemudian dioven pada suhu 105 °C selama 6 jam.

### Ekstraksi Bekatul Fermentasi

Metode ekstraksi yang digunakan mengacu pada penelitian Razak dkk. (2015) dengan modifikasi yaitu menambahkan tahapan sonikasi. Bekatul fermentasi dan non-fermentasi diekstrak dengan metanol pada rasio 1:10 (b/v). Sampel dihomogenisasi menggunakan orbital shaker pada suhu 30 °C dengan kecepatan 150 rpm selama 3 jam, kemudian disonikasi (15 menit dan suhu 30 °C). Hasil ekstraksi disentrifugasi (10 menit,  $7,826 \times g$  pada suhu ruang). Larutan yang terpisah disaring dengan kertas saring Whatman No.1, kemudian disimpan dalam vial amber pada suhu -20 °C sebelum dilakukan analisis kandungan total senyawa fenolik (TSF) dan aktivitas antioksidan.

### Analisis Total Senyawa Fenolik (TSF)

Kandungan TSF dianalisis dengan metode *microplate* (Bobo-Garcia dkk., 2014). Sebanyak 20  $\mu\text{l}$  sampel hasil ekstrak ditempatkan ke dalam lubang 96-well plate lalu ditambahkan 100  $\mu\text{l}$  larutan *Folin-Ciocalteu* (pereaksi telah diencerkan dalam akuades pada rasio 1:4). Selanjutnya ditambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% (100g/l) sebanyak 75  $\mu\text{l}$ , kemudian diinkubasi selama 2 jam. Sampel diukur pada panjang gelombang 750 nm. Standar yang digunakan dalam pengujian adalah asam galat dan dinyatakan dalam mg GAE/g BK.

### Analisis Aktivitas Antioksidan terhadap 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH *radical scavenging activity* (Bobo-Garcia dkk., 2014). Sebanyak 20  $\mu\text{l}$  sampel ditempatkan pada

96-well microplate, kemudian ditambahkan dengan larutan DPPH (150  $\mu$ M sebanyak 180  $\mu$ L. Selanjutnya, sampel diinkubasi dalam ruang gelap selama 40 menit, kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 515 nm.

### Analisis Profil Sensori

Metode analisis sensori yang digunakan adalah *Projective Mapping (Napping®)* (Hopfer dan Heymann, 2013). *Napping* merupakan metode analisis sensori cepat berdasarkan pada penempatan sampel produk oleh panelis secara spontan pada bidang dua dimensi (*tablecloth*) yang dikelompokkan sebagai kelompok yang memiliki kesamaan atribut sensori (Hopfer dan Heymann, 2013). Pengelompokan ini berdasarkan pada jarak titik koordinat (X, Y) atau *Euclidean distance* antar sampel (Dehlholm dkk., 2012). Panelis pada penelitian ini adalah panelis tidak terlatih (*naïve panelist*) yang berjumlah 75 orang. Persiapan sampel meliputi; sampel bekatul (kontrol dan fermentasi terpilih) sebanyak 0,5 g ditambahkan ke dalam 2 g sereal *cornflakes* (*Kellogg's*) yang kemudian ditambahkan 15 mL susu (UHT plain-*Frissian Flag*). Sampel dimasukkan pada wadah transparan yang memiliki ukuran, bentuk, dan jenis bahan yang sama. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan kertas berwarna putih berukuran 60 x 60 cm (Nestrud and Lawless, 2010) yang digunakan untuk menempatkan sampel berdasarkan kelompok atribut sensori bekatul oleh panelis.

### Analisis Data

Rancangan percobaan merupakan rancangan faktorial dengan tiga faktor yaitu varietas bekatul, jenis kapang, dan waktu fermentasi dan respon tiap-tiap analisis yang dilakukan dengan tiga kali ulangan. Data yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan analisis varian dengan program SPSS 20, dengan atau  $\alpha = 0,05$ . Jika beda nyata, dilanjutkan dengan uji beda Duncan. Analisis korelasi (r) dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kandungan TSF dengan aktivitas antioksidan dengan menggunakan program SPSS 20. Analisis *Agglomerative Hierarchical Clustering* (AHC) dengan menggunakan perangkat lunak R v 3.5.1 dengan package *SensoMineR* dan *FactoMineR*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bekatul Fermentasi

*Solid state fermentation* (SSF) merupakan metode yang efektif untuk fermentasi bekatul guna meningkatkan kandungan bioaktif (Schmidt dkk., 2014). Metode SSF juga dilaporkan sesuai untuk pertumbuhan

kapang dan memiliki banyak manfaat dibandingkan dengan fermentasi substrat cair (*submerged*) antara lain tingkat produktivitas tinggi, teknik sederhana, jumlah air yang dibuang sedikit, dan *recovery* produknya lebih baik (Kupski dkk., 2012).

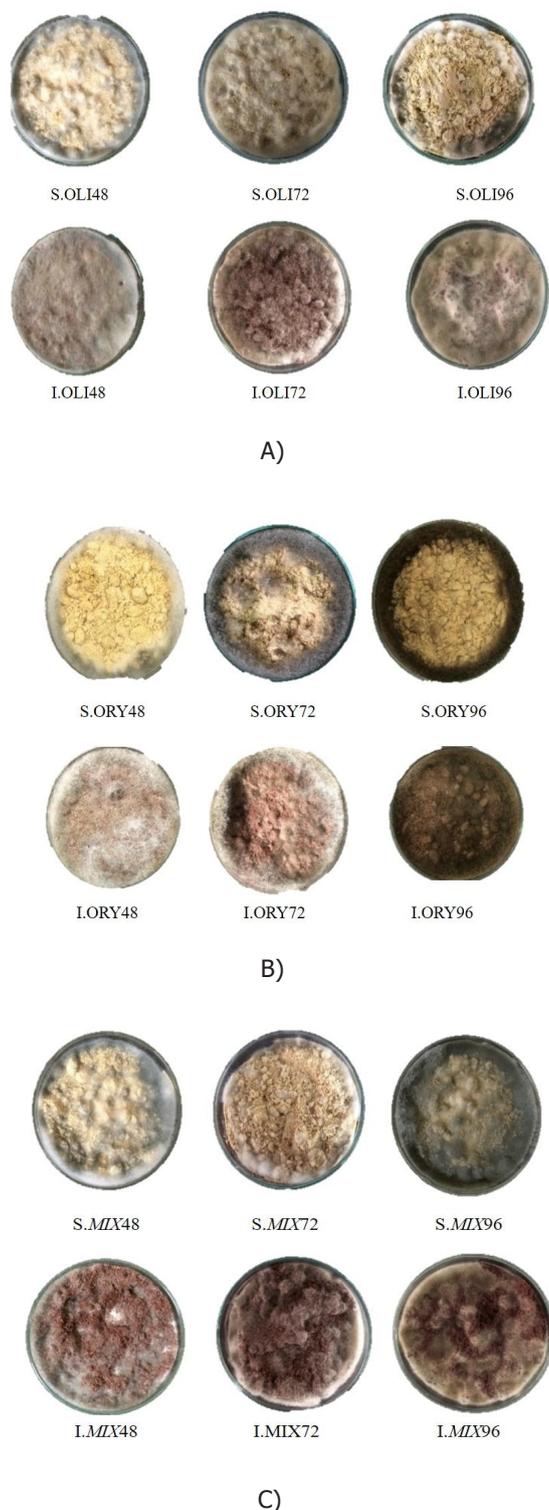
Penampakan fisik bekatul kontrol (Gambar 1), berwarna kuning pada bekatul aromatik Sintanur dan warna merah kecoklatan untuk bekatul Inpari 24. Kedua jenis bekatul memiliki tekstur yang berpasir agak kasar (*powdery*) dan aroma khas. Warna kemerahan pada bekatul Inpari 24 disebabkan adanya pigmen antosianin. Kandungan antosianin yang terdapat pada bagian *perikarp* dan *aleurone* pada beras pecah kulit yang terbawa pada saat penyosohan.

Hasil fermentasi bekatul (Gambar 2) menghasilkan aroma khas "tempe" dan sedikit asam. Selama proses fermentasi berlangsung kapang menghasilkan aktivitas enzim lipase yang menyebabkan degradasi lemak pada substrat menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Senyawa alkohol akan bereaksi dengan asam lemak dan membentuk senyawa ester yang menimbulkan aroma pada bekatul fermentasi (Ardiansyah dkk., 2017). Hasil pengamatan fisik menunjukkan bahwa terdapat perubahan tekstur, aroma, dan penampakan dari bekatul fermentasi. Bekatul fermentasi memiliki tekstur yang lembab. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kadar air yang disebabkan oleh aktivitas kapang dalam mengubah substrat menjadi biomassa, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O (Pandey & Ramachandran., 2006).

Pada fermentasi selama 48 jam terlihat pertumbuhan miselia berwarna putih. Semakin lama fermentasi berlangsung, warna miselia terlihat semakin putih kehitaman terutama pada *R. oryzae*. Berdasarkan hasil studi Oliveira dkk. (2011), bekatul mengandung mineral-mineral seperti zat besi, fosfor, dan magnesium, serta mengandung 11–13% protein kasar, 11,5% serat, dan sejumlah besar minyak. Tumbuhnya miselia kapang ini juga dapat disebabkan oleh kandungan mineral pada



Gambar 1. Bekatul kontrol (non-fermentasi) (A) Sintanur; (B) Inpari 24



Keterangan: S (Sintanur); I (Inpari 24); OLI (*R. oligosporus*); ORY (*R. oryzae*); Mix (kultur campuran *R. oligosporus* dan *R. oryzae*); 48 (48 jam fermentasi); 72 (72 jam fermentasi); dan 96 (96 jam fermentasi)

Gambar 2. Bekatul fermentasi; A) fermentasi dengan *R. oligosporus* (OLI) ; B) fermentasi *R. oryzae* (ORY) ; dan campuran (*R. oligosporus* dan *R. oryzae*) (MIX)

bekatul seperti Ca dan Mn (Suparjo, 2010). Perubahan warna miselia dari putih menjadi putih kehitaman seiring bertambahnya waktu fermentasi dapat disebabkan oleh adanya paparan oksigen.

### Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan terhadap bekatul fermentasi yang telah dikeringkan (*freeze drying*). Hasil analisis kadar air bekatul fermentasi dapat disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan kadar air bekatul, meskipun terjadi penurunan (tidak berbeda nyata) pada varietas Inpari 24 dengan fermentasi menggunakan *R. oligosporus*. Peningkatan kadar air yang terjadi pada fermentasi selama 96 jam kemungkinan disebabkan karena konversi bahan kering oleh kapang menjadi energi dengan hasil samping berupa metabolit, alkohol, asam, CO<sub>2</sub>, dan air (Shetty dkk., 2006). Kadar air tertinggi dimiliki oleh bekatul fermentasi aromatik Sintanur selama 96 jam (3,55%) dan kadar air terendah dimiliki oleh bekatul fermentasi Inpari 24 selama 72 jam (0,57%). Pada Tabel 1, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada bekatul aromatik Sintanur yang difermentasi dengan *R. oryzae* selama 96 jam bila dibandingkan dengan kadar air bekatul aromatik Sintanur kontrol. Sedangkan bekatul Inpari 24, menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada fermentasi dengan kapang *R. oryzae* selama 72 jam dibandingkan kontrol.

Terjadinya peningkatan kadar air bekatul fermentasi kemungkinan disebabkan adanya perbedaan daya ikat air antara bekatul kontrol dengan bekatul fermentasi. Hal yang sama ditunjukkan pada penelitian tepung ubi jalar fermentasi yang memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan tepung ubi jalar tidak difermentasi (Widyasaputra dan Yuwono, 2013). Lebih lanjut Widyasaputra dan Yuwono (2013), menyebutkan bahwa semakin lama proses fermentasi akan menyebabkan kandungan pati pada bahan akan terurai menjadi gula sederhana sehingga akan mengakibatkan daya ikat air semakin rendah. Tren dan perubahan kadar air pada bahan yang berbeda-beda disebabkan oleh beberapa faktor seperti jenis bahan baku, cara pengolahan bahan baku, dan kemampuan bahan untuk menyerap atau melepas air (Zubaidah dkk., 2014). Diperlukan penelitian lanjutan untuk menjawab fenomena ini lebih detail.

### Total Senyawa Fenolik dan Aktivitas Antioksidan

Hasil analisis kandungan total senyawa fenolik (TSF) disajikan pada Tabel 2. Lama fermentasi dan jenis kapang memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) pada perubahan kandungan TSF bekatul aromatik Sintanur,

Tabel 1. Kadar air bekatul (% BK)\*

Varietas	Kapang	Lama waktu fermentasi (jam)			
		Kontrol	48	72	96
Sintanur	<i>R. oligosporus</i>	1,38 ± 0,49 <sup>c</sup>	1,50 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,83 ± 0,11 <sup>c</sup>	2,44 ± 0,19 <sup>a</sup>
	<i>R. oryzae</i>	1,38 ± 0,49 <sup>c</sup>	2,17 ± 0,24 <sup>b</sup>	2,34 ± 0,22 <sup>b</sup>	3,55 ± 0,15 <sup>a</sup>
	Kombinasi	1,38 ± 0,49 <sup>c</sup>	1,80 ± 0,29 <sup>ab</sup>	1,45 ± 0,14 <sup>bc</sup>	2,06 ± 0,10 <sup>a</sup>
Inpari 24	<i>R. oligosporus</i>	1,08 ± 0,26	0,90 ± 0,44	0,57 ± 0,02	0,91 ± 0,10
	<i>R. oryzae</i>	1,08 ± 0,26 <sup>c</sup>	1,43 ± 0,26 <sup>bc</sup>	3,20 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,87 ± 0,12 <sup>b</sup>
	Kombinasi	1,08 ± 0,26 <sup>b</sup>	0,82 ± 0,18 <sup>b</sup>	1,98 ± 0,37 <sup>a</sup>	1,10 ± 0,23 <sup>b</sup>

\* Data yang disajikan adalah nilai rata-rata (± SD) dari tiga ulangan. Pengukuran masing-masing ulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Notasi huruf yang berbeda menyatakan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ).

kecuali pada penggunaan kultur campuran. Sedangkan pada bekatul Inpari 24, peningkatan kandungan TSF berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) hanya ditunjukkan oleh kultur *R. oligosporus*. Kandungan nilai TSF tertinggi pada bekatul fermentasi Sintanur dengan *R. oryzae* selama 48 jam (2,68±0,06 mg GAE/g BK) dan nilainya tidak berbeda dengan bekatul fermentasi dengan *R. oligosporus* selama 96 jam (2,60±0,17 mg GAE/g BK). Sedangkan nilai TSF tertinggi pada bekatul fermentasi Inpari 24 difermentasi dengan *R. oligosporus* selama 48 jam (4,16±0,3 mg GAE/g BK).

Peningkatan TSF dari bekatul fermentasi disebabkan oleh kemampuan kapang untuk mendegradasi material *lignocellulosic* atau memutus senyawa selulosa yang berikatan dengan lignin. Hal ini dikarenakan sebagian besar (40-50%) senyawa fenolik yang terdapat dalam bekatul merupakan senyawa fenolik yang terikat dengan komponen struktur dinding sel seperti selulosa, lignin, dan protein melalui ikatan ester (Zhang dkk., 2010; Min dkk., 2011). Kapang *R. oligosporus* dan *R. oryzae* merupakan dua jenis kapang yang telah dilaporkan efektif meningkatkan

ketersediaan senyawa bioaktif pada varietas bekatul beras sosoh karena adanya aktivitas enzim (Schmidt dkk., 2014; Razak dkk., 2015), sehingga mengakibatkan dekomposisi lignin, selulosa, dan hemiselulosa pada bekatul (Oliveira, 2010).

Persentase peningkatan kandungan total senyawa fenolik berdasarkan variasi waktu fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3. Selama proses fermentasi, bekatul varietas aromatik Sintanur memiliki persentase peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan bekatul dari varietas Inpari 24. Hal ini diduga karena adanya sifat antimikroba dari senyawa fenolik yang terdapat pada bekatul varietas Inpari 24. Seperti diketahui bahwa senyawa fenolik bersifat fungistatik, dapat mendenaturasi protein dinding jamur *Candida albicans*; apabila protein yang terdenaturasi adalah protein enzim, maka enzim tidak dapat bekerja yang menyebabkan metabolisme terganggu (Septiadi dkk., 2013). Pertumbuhan kapang yang terhambat akan mengakibatkan proses degradasi material lignoselulosa selama fermentasi menjadi tidak efektif, sehingga senyawa fenolik yang dibebaskan juga tidak optimal. Adanya perbedaan aktivitas kapang dalam

Tabel 2. Kandungan TSF bekatul (mg GAE/g BK)\*

Varietas	Kapang	Lama waktu fermentasi (jam)			
		Kontrol	48	72	96
Sintanur	<i>R. oligosporus</i>	1,39 ± 0,07 <sup>d</sup>	1,79 ± 0,09 <sup>c</sup>	2,17 ± 0,10 <sup>bc</sup>	2,60 ± 0,17 <sup>a</sup>
	<i>R. oryzae</i>	1,39 ± 0,07 <sup>c</sup>	2,68 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,10 ± 0,07 <sup>b</sup>	2,05 ± 0,02 <sup>a</sup>
	Kombinasi	1,39 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,96 ± 0,08 <sup>b</sup>	2,32 ± 0,18 <sup>b</sup>	2,00 ± 0,12 <sup>ab</sup>
Inpari 24	<i>R. oligosporus</i>	2,50 ± 0,07 <sup>c</sup>	4,16 ± 0,30 <sup>a</sup>	2,60 ± 0,07 <sup>b</sup>	2,59 ± 0,14 <sup>a</sup>
	<i>R. oryzae</i>	2,50 ± 0,07	2,63 ± 0,04	2,67 ± 0,01	2,92 ± 0,21
	Kombinasi	2,50 ± 0,07	2,87 ± 0,09	2,82 ± 0,05	2,82 ± 0,04

\*Data yang disajikan adalah nilai rata-rata (± SD) dari tiga ulangan. Pengukuran masing-masing ulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Notasi huruf yang berbeda menyatakan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ) dibandingkan dengan bekatul kontrol.

Tabel 3. Persentase peningkatan TSF bekatul (%)\*

Varietas	Kapang	Lama waktu fermentasi			
		Kontrol	48	72	96
Sintanur	<i>R. oligosporus</i>	0	28,78	55,76	87,05
	<i>R. oryzae</i>	0	92,45	51,08	31,19
	Kombinasi	0	41,01	66,91	47,48
Inpari 24	<i>R. oligosporus</i>	0	66,53	4,41	3,81
	<i>R. oryzae</i>	0	5,41	6,97	17,03
	Kombinasi	0	14,83	13,03	13,23

\* Data yang disajikan adalah nilai rata-rata ( $\pm$  SD) dari tiga ulangan. Pengukuran masing-masing ulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Notasi huruf yang berbeda menyatakan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ).

memproduksi enzim  $\beta$ -glukosidase dapat berpengaruh terhadap kemampuan untuk meningkatkan kandungan TSF. Setyaningsih dkk. (2006) melaporkan bahwa aktivitas enzim  $\beta$ -glukosidase dari *A. niger* mencapai maksimum setelah inkubasi selama 72 jam. Hal ini berhubungan dengan kemampuan *A. niger* dalam menghidrolisis *xilan* sebagai sumber karbon sehingga sel dapat tumbuh dengan baik. Produksi enzim  $\beta$ -glukosidase meningkat seiring dengan pertumbuhan sel pada fase logaritmik. Peningkatan aktivitas sel ini dapat mempengaruhi produksi enzim  $\beta$ -glukosidase sehingga akan meningkatkan kandungan TSF pada bekatul fermentasi.

Aktivitas antioksidan bekatul fermentasi dari dua varietas bekatul disajikan pada Tabel 4. Aktivitas antioksidan ditunjukkan sebagai persentase penghambatan, yaitu kemampuan ekstrak bekatul untuk menghambat aktivitas senyawa radikal DPPH. Mekanisme penangkapan senyawa radikal DPPH oleh senyawa fenolik ialah melalui transfer elektron tunggal. Senyawa antioksidan akan menetralkan radikal bebas DPPH. Perubahan warna dari ungu menjadi kuning terjadi karena elektron radikal DPPH berpasangan

dengan hidrogen tunggal dari penangkap radikal bebas suatu antioksidan untuk membentuk DPPH-H (Pandey & Ramachandran, 2006).

Berdasarkan data pada Tabel 4, jenis kapang dan lama fermentasi berpengaruh secara nyata ( $p < 0,05$ ) dalam meningkatkan aktivitas antioksidan bekatul fermentasi baik pada varietas aromatik Sintanur maupun Inpari 24, kecuali pada fermentasi kombinasi (*R. oligosporus* dan *R. oryzae*). Nilai persentase penghambatan tertinggi pada bekatul aromatik Sintanur ditunjukkan oleh bekatul fermentasi dengan *R. oryzae* selama 48 jam ( $56,81 \pm 0,33\%$ ). Sedangkan pada bekatul fermentasi Inpari, nilai persentase penghambatan tertinggi diperoleh pada fermentasi dengan *R. oligosporus* selama 48 jam ( $86,11 \pm 2,14\%$ ). Perlakuan menggunakan kultur kombinasi antara *R. oligosporus* dan *R. oryzae* menunjukkan peningkatan yang berbeda ( $p < 0,05$ ) bila dibandingkan bekatul kontrol, namun demikian peningkatannya tidak sebesar bila dibandingkan dengan kultur tunggal.

Adanya peningkatan aktivitas antioksidan pada bekatul fermentasi karena kandungan TSF meningkat (Tabel 2) oleh adanya kerja enzim  $\beta$ -glukosidase dan

Tabel 4. Aktivitas antioksidan bekatul (% penghambatan)\*

Varietas	Kapang	Lama waktu fermentasi			
		Kontrol	48	72	96
Sintanur	<i>R. oligosporus</i>	40,20 $\pm$ 1,33 <sup>c</sup>	43,19 $\pm$ 1,74 <sup>bc</sup>	46,63 $\pm$ 0,04 <sup>ab</sup>	49,15 $\pm$ 0,60 <sup>a</sup>
	<i>R. oryzae</i>	40,20 $\pm$ 1,33 <sup>c</sup>	56,81 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	46,48 $\pm$ 0,58 <sup>b</sup>	45,28 $\pm$ 0,63 <sup>b</sup>
	Kombinasi	40,20 $\pm$ 1,33 <sup>c</sup>	43,81 $\pm$ 0,96 <sup>b</sup>	46,28 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	43,05 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>
Inpari 24	<i>R. oligosporus</i>	71,73 $\pm$ 1,77 <sup>b</sup>	86,11 $\pm$ 2,14 <sup>a</sup>	75,77 $\pm$ 0,58 <sup>b</sup>	74,93 $\pm$ 1,44 <sup>b</sup>
	<i>R. oryzae</i>	71,73 $\pm$ 1,77 <sup>b</sup>	73,68 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	79,55 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	80,71 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>
	Kombinasi	71,73 $\pm$ 1,77	78,45 $\pm$ 2,79	76,21 $\pm$ 0,45	76,44 $\pm$ 0,95

\*Data yang disajikan adalah nilai rata-rata ( $\pm$  SD) dari tiga ulangan. Pengukuran masing-masing ulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Notasi huruf yang berbeda menyatakan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ).

$\alpha$ -amilase selama fermentasi menyebabkan hidrolisis glikosida fenolik dan pelepasan aglikon bebas yang dapat memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Hur dkk., 2014). Beberapa studi melaporkan bahwa asam fenolik, flavonoid, antosianin dan lainnya juga berkontribusi dalam aktivitas antioksidan (Ti dkk., 2015). Aktivitas antioksidan dari senyawa fenolik dipengaruhi oleh kelompok fungsional yang terikat pada aglikon. Keberadaan glikosida yang terikat pada aglikon flavonoid dapat menurunkan aktivitas antioksidan dari flavonoid (Perez-Gregorio dkk., 2011).

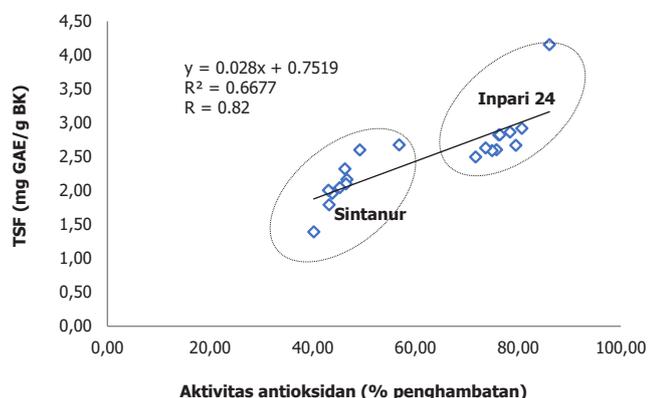
### Hubungan Antara Senyawa Fenolik dan Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan erat kaitannya dengan kandungan senyawa fenolik yang terkandung pada bahan. Hasil korelasi yang disajikan pada Gambar 3 dengan nilai koefisien sebesar 0,82 yang mendekati nilai 1 (satu) yang berarti menunjukkan hubungan yang kuat.

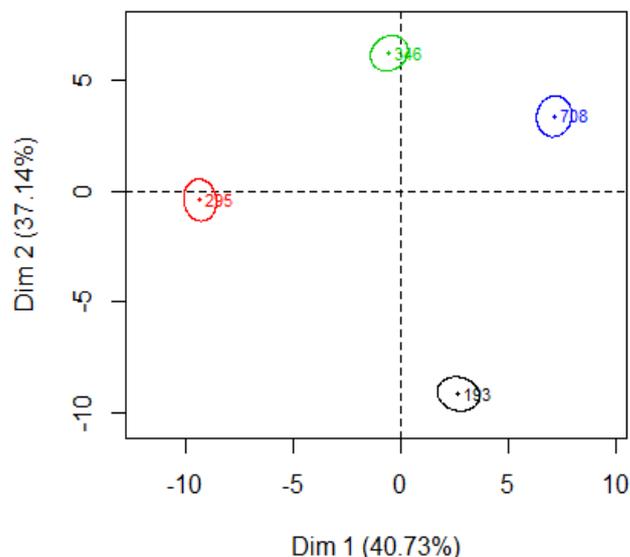
Analisis korelasi hubungan antara aktivitas antioksidan dan kandungan TSF menunjukkan korelasi yang positif. Semakin tinggi nilai TSF akan menghasilkan aktivitas antioksidan yang semakin tinggi. Korelasi tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi komponen antioksidan yang terkandung dalam bekatul fermentasi maka semakin tinggi kemampuan menghambat radikal bebas.

### Profil Sensori

Pengujian profil sensori menggunakan 75 orang panelis tidak terlatih (*naïve panelists*). Sampel yang digunakan berjumlah 4 (empat), yaitu dua sampel bekatul fermentasi (aromatik Sintanur *R. oryzae* dan Inpari 24 *R. oligosporus* dengan masing-masing waktu fermentasi selama 48 jam) dan dua sampel yang tidak

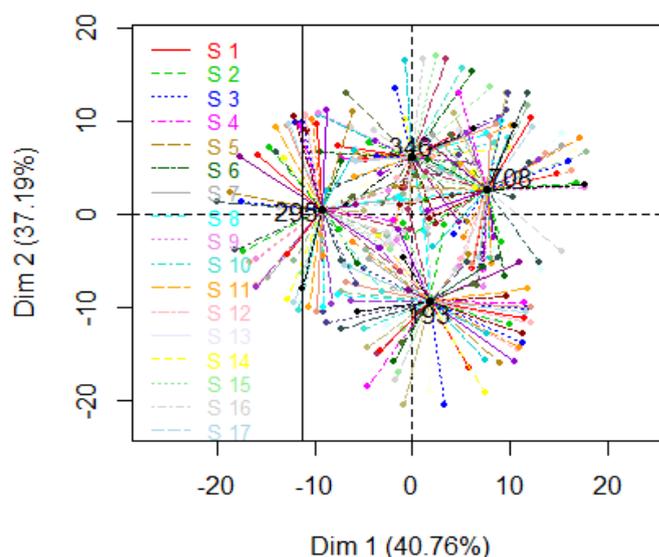


Gambar 3. Grafik hubungan kandungan TSF dan aktivitas antioksidan



Keterangan: 295 (aromatik Sintanur non fermentasi); 193 (bekatul aromatik Sintanur fermentasi *R.oryzae* 48 jam), 346 (bekatul Inpari 24 non fermentasi), dan 708 (bekatul Inpari 24 fermentasi *R.oligosporus* 48 jam)

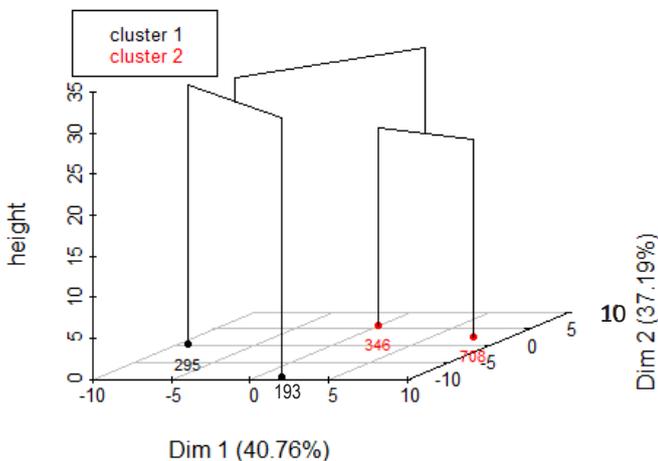
Gambar 4. Confidence ellipses for the Napping configuration bekatul



Gambar 5. Individual factor map bekatul

difermentasi sebagai kontrol. Pemilihan dua sampel bekatul fermentasi berdasarkan kandungan TSF dan aktivitas antioksidan yang paling tinggi.

*Confidence ellipses for Napping* menunjukkan posisi bekatul ditentukan panelis secara virtualisasi (Dehlholm dkk., 2012) yang dilakukan sebanyak 300 kali sebagai bentuk virtualisasi 75 panelis dan 4 sampel uji. Pada Gambar 4 *ellipses* menunjukkan titik tengah dari



Gambar 6. *Agglomerative Hierarchical clustering* bekatul

setiap sampel yang sudah diposisikan secara keseluruhan oleh panelis. Sebanyak 75 panelis mengelompokkan keempat sampel pada kuadran berbeda, meskipun sampel 346 berdekatan dengan sampel 708. *Ellipses* yang terdapat di grafik tidak terjadi tumpang tindih, yang berarti keempat sampel memiliki karakteristik yang berbeda nyata antara satu dengan lainnya.

Pada Gambar 5 disajikan *Individual factor map* dari profil bekatul yang diuji. Sampel 346 dan 708 berdekatan merupakan varietas Inpari 24. Menurut Esbensen (2006), sampel yang berada pada kuadran yang sama memiliki tingkat kemiripan atribut yang sama, sedangkan pada kuadran yang berbeda memiliki atribut yang berbeda. Berdasarkan pada pengelompokan sampel, panelis dapat membedakan karakteristik sensori seluruh sampel dan mengelompokkan seluruh sampel tersebut berdasarkan kesamaan atribut sensorinya.

Berdasarkan *Agglomerative hierarchical clustering* (AHC) (Gambar 6), kedekatan jarak antara sampel berdasarkan klaster yang telah ditetapkan (Gambar 4 dan 5). Berdasarkan Gambar 6, seluruh panelis secara konsensus mengelompokkan sampel berdasarkan varietas bekatul. Varietas aromatik Sintanur (sampel 295 dan 193) berada dalam satu kelompok, sedangkan varietas bekatul Inpari 24 (sampel 346 dan 708) juga dalam satu kelompok. Profil sensori pada beras yang difermentasi pada varietas terlihat berbeda, ini dapat dilihat pada posisi dimensinya. Untuk sampel 295 dan 193 terlihat profil sensorinya sangat jauh berbeda karena berada pada kuadran yang berbeda, sementara sampel 346 dan 708 diduga memiliki kemiripan profil sensori karena dalam diagram AHC terlihat kedua sampel ini dalam kuadran yang sama.

## KESIMPULAN

Proses fermentasi dapat meningkatkan nilai TSF dan aktivitas antioksidan pada bekatul aromatik Sintanur dan Inpari 24. Varietas padi, jenis kapang, dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap perubahan kandungan TSF dan aktivitas antioksidan ( $p < 0,05$ ). Bekatul dari varietas Inpari 24 memiliki nilai TSF dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan bekatul varietas Aromatik Sintanur ( $p < 0,05$ ). Terdapat hubungan korelasi positif ( $r = 0,82$ ) antara kandungan TSF dan aktivitas antioksidan kedua varietas bekatul fermentasi. Panelis dapat membedakan karakteristik sensori seluruh sampel bekatul, mengelompokkan sampel berdasarkan kesamaan atribut sensorinya dan membandingkan antara bekatul non-fermentasi (kontrol) dengan bekatul fermentasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terimakasih atas dana penelitian yang diberikan oleh Kemenristekdikti RI melalui skema PDUPT dengan nomor kontrak 11/AKM/PNT/2019.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan terkait dengan naskah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (2005). *Official methods of analysis*. 18<sup>th</sup> Ed. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ardiansyah, David, W., Handoko, D.D., Kusbiantoro, B., Budijanto, S., & Shirakawa, H. (2019). Fermented rice bran extract improves blood pressure and glucose in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Nutrition & Food Science*, 49, 844-853. <https://doi.org/10.1108/NFS-12-2018-0340>
- Ardiansyah, Gustriani, D., Handoko, D., Kusbiantoro, B., & Budijanto, S. (2017). The antioxidant activity of Indonesian fermented rice bran with *Rhizopus oligosporus*. In *Proceedings of the 15<sup>th</sup> ASEAN Conference on Food Science and Technology*. Ho Chi Minh City, Vietnam. 463-468.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali. 2014. Pemanfaatan bekatul, limbah penggilingan padi sebagai tepung rendah lemak. Bali. [Online] <http://bali.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/info-teknologi/567-pemanfaatan-bekatul-limbah-penggilingan-padi-sebagai-tepung-rendah-lemak>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2018.

- Bobo-Garcia, G., Daidov-Pardo, G., Arroqui, C., Virseda, P., Marin-Arroyo, M.R., & Navarro, M. (2014). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal Science Food Agriculture*, 95, 204-209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6706>
- Dehlholm, C., Brockhoff, P.B., Meinert, L., Aaslyng, M.D., & Bredie, W.L.P. (2012). Rapid descriptive sensory methods—comparison of free multiple sorting, partial *Napping*, *Napping*, flash profiling and conventional profiling. *Journal Food Quality and Preference*, 26: 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.012>
- Endrawati, D., & Kusumaningtyas, E. (2017). Several functions of *Rhizopus sp* on increasing nutritional value of feed ingredient. *Wartazoa Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 27, 81-88. <http://dx.doi.org/10.14334/wartazoa.v27i2.1181>
- Esbensen, K. H. (2006). *Multivariate Data Analysis-in Practice* 5<sup>th</sup>. Camo Oslo. 1-19.
- Hopfer, H. dan Heymann, H. (2013). A summary of projective mapping observations – the effect of replicates and shape, and individual performance measurements. *Journal of Food Quality and Preference* 28, 164-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.017>
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y. C., Choi, I., & Kim, G. B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food Chemistry*, 160, 346-356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.112>
- Kupski, L., Cipolatti, E., da Rocha, M., Oliveira, M.S., Souza-Soares, L.A., & Badiale-Furlong, E. (2012). Solid-state fermentation for the enrichment and extraction of proteins and antioxidant compounds in rice bran by *Rhizopus oryzae*. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55, 937-942. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132012000600018>
- Min, B., McClung, A.M., & Chen, M.C. (2011). Phytochemicals and antioxidant capacity in rice bran of different colours. *Journal of Food Science*, 76, C117-C126. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01929.x>
- Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Manuel Domínguez, J., Sineiro, J., Domínguez H., José Núñezb, M., & Carlos Parajó, J. (2001). Natural antioxidants from residual sources. *Journal of Food Chemistry*, 72, 145–171. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00223-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00223-5)
- Nestrud, M.A. & Lawless, H.T. 2010. Perceptual mapping of apples and chesses using projective mapping and sorting. *J Sensory Studies*, 25: 309-324. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00266.x>
- Oliveira, M.D.S., Feddern, V., Kupski, L., Cipolatti, E.P., Badiale-Furlong, E., & de Souza-Soares, L. A. (2010). Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass-Characterización físico-química de la biomasa del salvado de arroz fermentado. *CyTA—Journal of Food*, 8, 229-236. <https://doi.org/10.1080/19476330903450274>
- Oliveira, M. D. S., Feddern, V., Kupski, L., Cipolatti, E. P., Badiale-Furlong, E., and de Souza-Soares, L. A. (2011). Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state fungal fermentation. *Bioresource Technology*, 102, 8335-8338. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.025>
- Oliveira, M. D. S., Cipolatti, E. P., Furlong, E. B., and Soares, L. D. S. (2012). Phenolic compounds and antioxidant activity in fermented rice (*Oryza sativa*) bran. *Food Science and Technology*, 32, 531-537. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000071>
- Pandey, A., & Ramachandran, S. (2006). Process development in solid state fermentation for food application. In K., Shetty, G., Paliyath, A., Pometto, & R.E. Levin (Eds.), *Food biotechnology* 2<sup>th</sup> (pp. 109-132). RCR Press Taylor & Francis Group.
- Perez-Gregorio, M. R., Regueiro, J., Alonso-Gonzalez, E., Pastrana-Castro, L. M., & Simal-Gandara, J. (2011). Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra* L.). *LWT—Food Science and Technology*, 44, 1793–1801. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.007>
- Razak, D.L.A., Rashid, N.Y.A., Jamaluddin, A., Sharifudin, S.A., & Long, K. (2015). Enhancement of phenolic acid content and antioxidant activity of rice bran fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4, 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.11.003>
- Schmidt, C.G., Gonçalves, L.M., Prietto, L., Hackbart, H.S., & Furlong, E.B. (2014). Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rizhopus oryzae*. *Food chemistry*, 146, 371-377. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.101>
- Setyaningsih, D., Tresnawati, K., Soehartono, M.T., dan Apriyantono, A. (2006). Pengaruh aktivitas β-glucosidase eksternal dari kapang terhadap kadar vanillin buah vanili. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 16, 28-35.
- Shetty, Kalidas, Paliyath, Gopinadhan, Pometto, Anthony, dan E. Levin, Robert. (2006). *Food Biotechnology*. New York: CRC.
- Septiadi, T., Delianis P., & Ocky K. R. (2013). Uji fitokimia dan aktivitas antijamur ekstrak teripang keeling (*Holoturia atra*) dari pantai bandengan Jepara terhadap jamur *Candida albicans*. *Journal of Marine Research*, 2, 76-84.
- Suparjo. (2010). Peningkatan kualitas nutrisi kulit buah kakao sebagai bahan pakan ternak secara bioproses dengan kapang *Phanerochaete chrysosporium* yang diperkaya ion  $Mn^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  [Disertasi]. Bogor: IPB.
- Suprihatno, B., Darajat, A. A., Satoto, Baihaki, Suprihanto, Setyono, A., Indrasari, S.D., Wardana, I P., Sembiring, H.

- (2010). *Deskripsi Varietas Padi*. Subang: Balitbangtan, Departemen Pertanian.
- Tarigan, E.B., & Kusbiantoro, B. (2011). Pengaruh derajat sosoh dan pengemas terhadap mutu beras aromatik selama penyimpanan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 30(1). <http://dx.doi.org/10.21082/jpptp.v30n1.2011.p%25p>
- Ti, H., Zhang, R., Zhang, M., Wei, Z., Chi, J., Deng, Y., & Zhang, Y. (2015). Effect of extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. *Food chemistry*, 178, 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.087>
- Wahab, M. I., Satoto, Rahmini, Zarwazi, L. M., Suprihanto, Guswara, A., & Suharna. (2018). *Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi*. Subang: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Wei, X., Handoko, D. D., Pather, L., Methvena, L., Elmore, J. S., Methven, L., & Elmore, J. S. (2017). Evaluation of 2-acetyl-1-pyrroline in foods, with an emphasis on rice flavour. *Food Chemistry*, 232, 531-544. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.005>
- Widyasaputra, R. & Yuwono, S. 2013. Pengaruh fermentasi alami chips terhadap sifat fisik tepung ubi jalar putih (*Ipomoea batatas* L.) terfermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 1, 78-89.
- Wijaya, C.H., Kusbiantoro, B., Faridah, D.N., Handoko, D.D., & Taufik. (2008). Identifikasi komponen aroma aktif beberapa varietas beras (*Oryza miristica* L) aromatik asli Indonesia sebagai upaya pemanfaatan potensi beras Indonesia. Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T), Departemen Pertanian. Jakarta.
- Yawadio, R., Tanimori, S., & Morita, N. 2007. Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rice and their aldose reductase inhibitory activities. *Food Chemistry*, 101, 1616-1625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.016>
- Zhang, M.W., Zhang, R.F., Zhang, F.X., & Liu, R.H. (2010). Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 7580-7587. DOI: 10.1021/jf1007665
- Zubaidah, E., Martati, E., & Resmanto E.M. (2014). Pertumbuhan isolat BAL asal bekatul dan probiotik komersial (*Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei*) pada media bekatul dan susu. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 1, 27-37. <http://dx.doi.org/10.29122/jbbi.v1i1.549>